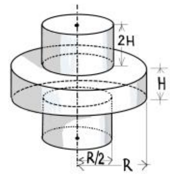
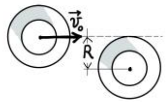
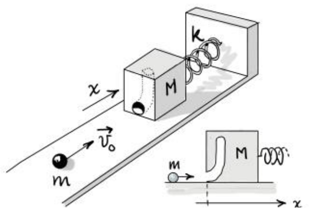
CORSO di FISICA GENERALE I – esame scritto – 16 febbraio 2024





(1) Le astronavi di una flotta spaziale sono formate da una parte centrale cilindrica di un dato spessore e raggio R e da due torrette coassiali di altezza doppia rispetto allo spessore della base e di raggio pari alla sua metà, come schematizzato nel disegno. Si immagina che i tre cilindri siano omogenei e costituiti dallo stesso materiale e che la massa complessiva dell'astronave sia M. Due di queste astronavi, perfettamente identiche, sono in rotta di collisione: si trovano su uno stesso piano e una di esse procede di moto rettilineo uniforme con velocità v_0 in un dato riferimento inerziale per incontrarsi con la seconda che è ferma in questo stesso riferimento. L'astronave ferma ha il suo centro che si trova alla distanza R dalla retta che sta percorrendo il centro della prima astronave nella sua rotta iniziale. Si sa anche che a partire dall'istante dell'incontro le due astronavi si uniscono immediatamente e perfettamente nel punto di contatto.

a) Determinare il momento di inerzia di una singola astronave rispetto all'asse di rotazione comune dei cilindri che la costituiscono, esprimendo il risultato in funzione di M e di R soltanto.
b) Descrivere dettagliatamente il moto delle astronavi unite nel riferimento inerziale che inizialmente vede ferma l'astronave "bersaglio", esprimendo in particolare le velocità di traslazione e rotazione (attorno a quale asse?) in funzione della velocità di collisione v_0 e del raggio R.
c) Si determini l'energia dissipata in seguito ai meccanismi che hanno unito le astronavi, esprimendo il risultato in funzione di v_0 ed M e ottenere il corrispondente valore numerico quando M=15000 kg, v_0=12 m/s.
d) Si consideri poi il caso di due astronavi che si uniscono come nel punto (b), solo che ora l'astronave incidente, oltre a traslare come prima, sta ruotando inizialmente attorno al suo asse centrale in senso antiorario con velocità angolare pari a $8v_0/(5R)$ – mentre la seconda è ancora ferma prima dell'urto. Cosa succede in questa situazione?
e) Anche in questo caso, si determini l'energia dissipata in seguito all'urto esprimendo il risultato in funzione di v_0 ed M e ottenere il corrispondente valore numerico.



(2) Una massa puntiforme m si muove su un piano liscio orizzontale con velocità v_0. In x=0 è presente un cubo di massa M fermo, dotato al suo interno di una guida liscia che, dopo una curva stretta iniziale a 90 gradi, diventa verticale. Il cubo è collegato a una molla ideale di costante elastica k, con l'altra estremità vincolata a una parete fissa. Il moto del cubo avviene unicamente lungo l'asse x. La massa puntiforme entra nella guida mettendo il cubo in moto. Data la brusca curvatura del tratto iniziale della guida, si può trascurare il tempo che la massa impiega a compiere questo tratto curvo rispetto a quello in cui la massa sale nella parte verticale della guida. Si consideri quindi un "prima" dell'entrata nella curva e un "dopo" il completamento di essa.

a) Considerando l'interazione tra la massa puntiforme e il cubo come un urto, quali quantità fisiche sono conservate tra l'istante subito prima del contatto e quello subito dopo il completamento del tratto curvo della guida? Si motivi la risposta e si distinguano chiaramente grandezze scalari da quelle vettoriali.
b) Scrivere le espressioni per le velocità orizzontali dei due corpi rispetto al centro di massa complessivo prima e dopo il loro contatto.
c) Scrivere l'energia cinetica complessiva rispetto al centro di massa prima del contatto e mentre la massa puntiforme sale lungo il tratto di guida verticale, separando il contributo orizzontale da quello verticale.
d) Descrivere il moto del cubo a seguito dell'urto.
e) Quanto tempo la massa puntiforme permane all'interno della guida nel cubo?
f) Dati i valori di m, M e k, quale dev'essere la condizione su v_0 affinché il cubo rimanga fermo a seguito della fuoriuscita della massa puntiforme?

(3) Si considerino n=0.08 moli di ossigeno molecolare ideale che all'equilibrio, inizialmente, occupano il volume di 1.0 litri alla pressione di 2.8 bar. Vengono poi realizzate le seguenti trasformazioni in sequenza: (i) il gas si espande liberamente fino a un nuovo stato di equilibrio nel quale occupa un volume che è 3.2 più grande di quello iniziale; (ii) il gas viene raffreddato in modo reversibile senza modificare il suo volume finché, all'equilibrio, la sua temperatura è di 280 K; (iii) il gas viene ulteriormente raffreddato reversibilmente senza cambiare la sua pressione fino a uno stato di equilibrio a partire dal quale (iv) il gas è ricondotto senza scambi di calore e lentamente allo stato di partenza. Si sa che R=0.082 l atm/(mol K) e che 1 atm = 1013 mbar.

a) Calcolare il calore totale scambiato e il lavoro totale svolto nel ciclo di trasformazioni sopra spiegato.
b) Disegnare in dettaglio il ciclo in un diagramma PV.
c) Calcolare la variazione di entropia totale del gas e quella dell'universo.
d) Disegnare in dettaglio il ciclo in un diagramma TS.
e) Spiegare perché il ciclo non può essere utilizzato per produrre lavoro e calcolare la quantità di lavoro che sarebbe invece ottenibile sostituendo l'espansione libera con una trasformazione isoterma reversibile che connette i medesimi stati iniziale e finale: si può ottenere il valore di questo lavoro utilizzando la variazione di entropia associata all'irreversibilità del ciclo originario?
f) Calcolare il rendimento del ciclo reversibile del punto precedente e confrontarlo con quello di una macchina di Carnot che lo massimizza. Commentare il risultato.